



Как известно, КПД является отношением полезной работы, совершаемой рабочим телом, к количеству подведённой к нему теплоты. Нестрого говоря, этот коэффициент определяет то, насколько эффективно «переводится» в работу поступающее от некоторого нагревателя тепло.

В данной задаче рассматривается цикл, проводимый с идеальным газом, состоящий из двух изобар и двух изохор (см. рис. 1). Показатель адиабаты газа известен и равен γ . Предположим, что отведение тепла от газа происходит с помощью холодильной машины, работающей по обратному циклу Карно между газом и окружающей средой. Пусть A_{Γ} – работа, совершаемая газом за один описанный цикл, а $A_{\text{хм}}$ – работа, совершаемая над рабочим телом холодильной машины за один цикл рабочего тела. При этом подвод тепла к газу осуществляется за счет теплообмена с окружающей средой. В этом случае логично ввести вместо КПД «эффективность» цикла η :

$$\eta = \frac{A_{\Gamma}}{A_{\text{хм}}}.$$

Считайте, что изменение температуры газа за один цикл холодильной машины пренебрежимо мало.

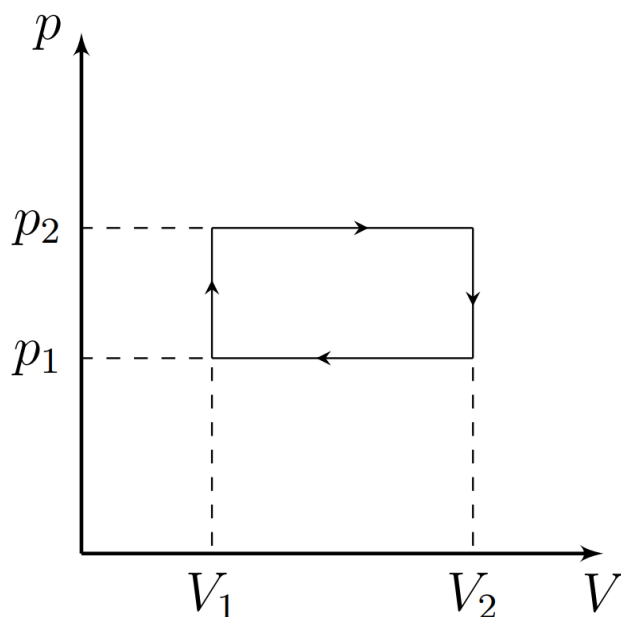


Рис. 1

A1^{0.50} Выразите молярную теплоёмкость используемого газа в изобарном процессе C_P и в изохорном процессе C_V через R и γ .

Пусть максимальная температура в цикле равна температуре окружающей среды T , при изохорном охлаждении температура уменьшается с T до $T - t_1$, при изобарном охлаждении – с $T - t_1$ до $T - t$.

A2^{0.50} Выразите отношения p_2/p_1 и V_2/V_1 (обозначения рис. 1) через T , t_1 и t .

Пусть количество газа равно ν .

A3^{1.00} Выразите работу A_{Γ} через ν , R , T , t_1 и t .

Для холодильной машины определяется холодильный коэффициент χ по формуле:

$$\chi = \frac{Q_-}{A_{\text{хм}}},$$

где Q_- – отведенная от газа за один цикл теплота.

A4^{0.50} Определите χ в момент, когда температура газа равна $T - t$. Ответ выразите через t , T .

A5^{1.50} Определите $A_{\text{хм}}$. Ответ выразите через ν , R , γ , T , t_1 и t .

Введём обозначения $y = t/T$ и $x = t_1/t$.

A6^{1.00} Выразите η для описанной системы через x , γ и y . Вычислите его значение для $\gamma = 5/3$, $x = 0.5$, $y = 0.5$.

Теперь проанализируем, какая максимальная η может быть получена при различных значениях y и x . Считайте известным, что наилучшая η достигается при $y \ll 1$.

A7^{1.00} Найдите зависимость $\eta(x)$ при $y \ll 1$. Ответ выразите через γ и x .

При необходимости вы можете использовать формулу: $\ln(1 + \xi) \approx \xi - \xi^2/2$ при $\xi \ll 1$.

A8^{1.00} Определите, при каком x эффективность η будет максимальна. Ответ выразите через γ .

A9^{1.00} Найдите максимально возможную эффективность η_{max} . Ответ выразите через γ . Вычислите ее значение для $\gamma = 5/3$.

